

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-204651

(43) 公開日 平成9年(1997)8月5日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>  
 G11B 5/82  
 5/66  
 H01F 10/16

識別記号 庁内整理番号  
 G11B 5/82  
 5/66  
 H01F 10/16

F I  
 G11B 5/82  
 5/66  
 H01F 10/16

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全12頁)

(21) 出願番号 特願平8-12028

(22) 出願日 平成8年(1996)1月26日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 市原 勝太郎

神奈川県川崎市幸区柳町70番地 株式会社  
東芝柳町工場内

(72) 発明者 萩原 英夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72) 発明者 中村 太

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

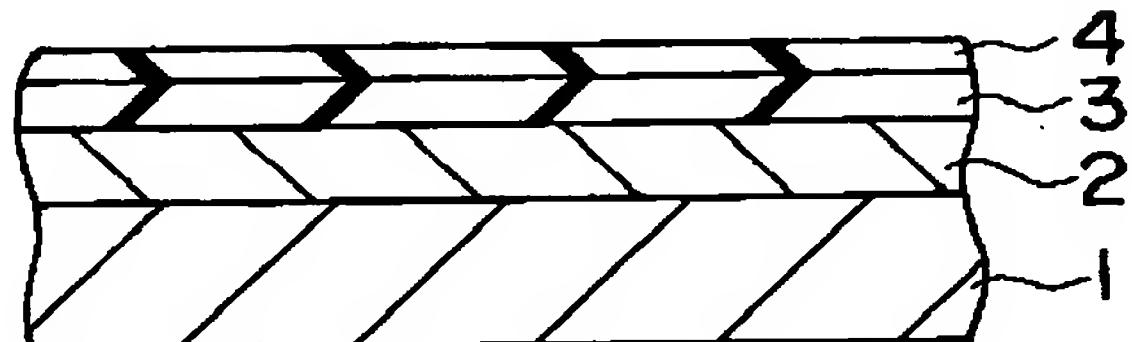
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】磁気記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】本発明は、磁性薄膜を構成する磁性材料の酸化を防止し、しかも磁性材料の粒子間の磁気的相互作用を低下させて、媒体ノイズが小さく、高密度記録が可能な磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【解決手段】非磁性基板と、前記非磁性基板上に形成された磁性膜とを具備し、前記磁性膜は、少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を含むことを特徴としている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板と、前記非磁性基板上に形成された磁性薄膜とを具備し、前記磁性薄膜は、少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を含むことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 磁性金属粒子と非磁性母材とから構成される磁性薄膜と、前記磁性薄膜上に形成された非磁性導電膜とを具備し、前記非磁性母材が電気絶縁性を有し、前記磁性薄膜中の磁性金属粒子が前記非磁性導電膜と少なくとも部分的に接触していることを特徴とする磁気記録媒体。 10

【請求項3】 磁性材料および非磁性材料から構成される磁性薄膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁性薄膜は、微粒子を核として成長してなる第1の領域と、前記第1の領域に分断された第2の領域とから構成されていることを特徴とする磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハードディスクドライブ等で用いられる磁気記録媒体に関する。 20

## 【0002】

【従来の技術およびその課題】 近年、コンピュータの高性能化、画像・音声情報のデジタル化、高画質化に伴い、特に計算機周辺装置（HDD）、画像・音声装置（DVD）、もしくはD V T R 等の分野において、より高密度再生能力を有する磁気記録媒体が要求されるようになってきている。

【0003】 磁気記録媒体の高密度化を図るために、磁気記録媒体の高保磁力化が必要である。例えば、C o N i C r 、C o C r M (M=T a 、P t) 等のC o 系合金は、大きな結晶磁気異方性を有するため、高保磁力媒体用の磁性薄膜の材料として知られており、C r 膜等の下地膜を利用して結晶配向性を制御すると共に、高温スパッタリングによって磁性薄膜中のC r の粒界拡散を利用して高保磁力を得ることができる。

【0004】 しかしながら、この磁性薄膜を構成するC o 系合金は酸化され易いので、C o 系合金の酸化により出力が低下したりする。また、上記のようにして形成されたC o 系合金磁性薄膜を用いた磁気記録媒体においては、C r で分断されたC o 系合金の磁性粒子同士が近づるために、形成された磁区の反転部分が不規則なジグザグ構造となり、媒体ノイズが大きく、記録密度を向上させることができない。

【0005】 本発明の第1の課題は、磁性薄膜を構成する磁性材料の酸化を防止し、しかも磁性材料の粒子間の磁気的相互作用を低下させて、媒体ノイズが小さく、高密度記録が可能な磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【0006】 磁気記録媒体の大容量化は媒体の単位記録磁区を小さくすることにより実現されるが、そのために

はハードディスクの磁気ヘッドの狭トラック化、狭ギャップ化の他に磁気ヘッドと磁気記録媒体との間の狭スペーシング化が必要である。

【0007】 一方、記録磁区を微細にすると媒体磁界強度が低下するので、高感度かつ低ノイズである再生ヘッドが必要であり、近年従来の記録・再生一体型の誘導再生ヘッドに代わり、記録・再生分離型の磁気抵抗効果（M R ）ヘッドが採用されている。このM R ヘッドの導入によって動作ノイズに占めるヘッドノイズが大幅に低下し、媒体ノイズが顕在化した。また、M R ヘッドにおいては、媒体表面に電荷が蓄積されると、ヘッド-媒体間の放電破壊により磁気ヘッドや磁気記録媒体がダメージを受けるという問題を有するので、媒体表面電荷の蓄積を防止する必要がある。特に、狭スペーシング化の最終形態である接触動作においては、摩擦帯電による媒体表面電荷の蓄積が顕著となるため、これらの形態を考慮して媒体表面にある程度の導電性を付与する必要性が生じてくる。

【0008】 その一方で、横通電形のM R ヘッドを絶縁性の保護膜無しに接触動作する形態においては、磁気ヘッドのセンス電流の一部が磁気記録媒体に分流して再生感度を損なう恐れがあるので、磁気記録媒体には、ヘッド抵抗に比べて充分に高い表面抵抗を有することが必要となる。

【0009】 このように、M R ヘッド動作に適合し、高密度化を促進させる磁気記録媒体においては、サブサブミニクロン浮上～接触に至る狭スペーシング動作に対する信頼性が高いこと、M R ヘッド再生動作に適した低ノイズ～ノイズフリーであること、およびM R ヘッド接触動作時の分流損失や放電破壊の無いことが要求される。 30

【0010】 本発明の第2の課題は、狭スペーシング動作時の耐摩耗性と、M R ヘッド動作時の信頼性を両立できる構造を有する磁気記録媒体を提供することを目的とする。

【0011】 高密度記録を実現するためには、磁気記録媒体の磁性薄膜において磁性粒子間の磁気的相互作用を充分に分断して交換相互作用を減少させる必要がある。磁性薄膜中で交換相互作用が減少することは、磁性薄膜全体の保磁力H c が大きくなり、高分解能の急峻な磁化転移を形成する上で有用である。また、磁性薄膜における磁化転移部の形状が良好になり、媒体ノイズが減少する。上述したように、媒体ノイズを減少させることは、今後の磁気記録を発展させる上で重要な課題である。 40

【0012】 磁性粒子間の交換相互作用を分断するためには、磁性粒子が磁性薄膜内に分散した構造をとる必要がある。しかしながら、従来の磁気記録媒体、すなわち、磁性薄膜の結晶性を制御し、磁性薄膜の保磁力H c を増加させるために設けられた下地層上に結晶異方性を有するC o 系合金をスパッタリング法により被着して磁性薄膜を形成してなる磁気記録媒体や、基板上にクラス

ターを等方的に点在させ、その上に下地層および磁性薄膜を順次形成してなる磁気記録媒体が開示されているが、いずれの磁気記録媒体も磁性粒子間の磁気的相互作用が充分に分断されたものではなく、低媒体ノイズ、高密度記録を実現することはできない。本発明の第3の課題は、媒体ノイズが小さく、高密度記録が可能な磁気記録媒体を提供することを目的とする。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の発明は、上記第1の課題を解決するべく、非磁性基板と、前記非磁性基板上に形成された磁性膜とを具備し、前記磁性膜は、少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を含むことを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【0014】本発明の第2の発明は、上記第2の課題を解決するべく、磁性金属粒子と非磁性母材とから構成される磁性薄膜と、前記磁性薄膜上に形成された非磁性導電膜とを具備し、前記非磁性母材が電気絶縁性を有し、前記磁性薄膜中の磁性金属粒子が前記非磁性導電膜と少なくとも部分的に接触していることを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

【0015】本発明の第3の発明は、上記第3の課題を解決するべく、磁性材料および非磁性材料から構成される磁性薄膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁性薄膜は、微粒子を核として成長してなる第1の領域と、前記第1の領域に分断された第2の領域とから構成されていることを特徴とする磁気記録媒体を提供する。

## 【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面を参照して具体的に説明する。本発明の第1の発明において、非磁性基板を構成する材料としては、金属、ガラス、セラミック等を用いることができる。非磁性基板と磁性薄膜との間に、磁性体または非磁性体からなる下地層を設けてもよい。特に、金属基板を用いる場合には、磁気ヘッドと磁気記録媒体との間の短絡を防止するために、電気絶縁性を有する下地層を用いることが望ましい。また、磁気記録媒体の表面には、必要に応じて極薄い(100オングストローム以下)保護膜を設けてもよい。さらに、保護膜上にフルオロカーボン等の潤滑剤からなる厚さ50オングストローム以下程度の潤滑剤膜を設けてもよい。

【0017】第1の発明において、磁性薄膜を構成する材料としては、飽和磁化Isが大きく、かつ磁気異方性が大きいものが望ましい。このようなものとして、例えばCo、Pt、Sm、Fe、Ni、Cr、Mn、Bi、Al、Ta、Tiまたはこれらの合金を用いることができる。特に、Co<sub>1-x</sub>M<sub>x</sub>(ただし、Mは、Cr、Ni、Pt、Taのうち少なくとも一種からなる金属、xは0.1≤x≤0.5)の組成を有するCo系合金のよ

うな酸化され易い金属である場合に効果が大きい。

## 【0018】第1の発明において、磁性薄膜は少なくと

も一種のアルカリ土類金属の酸化物、特にBe、Mg、Ca、Sr、またはBaの酸化物を含有する。アルカリ土類金属の酸化物は硬度が高いので、磁性薄膜の強度向上に寄与するので好ましい。また、Be、Mg、Ca、Sr、またはBaは磁性薄膜を構成する材料よりも優先的に酸化する、すなわち酸素との親和性が高いので、磁性薄膜における磁性粒子の酸化を防止することができるので好ましい。なお、磁性薄膜中にアルカリ土類金属の酸化物が含まれていれば、磁性薄膜中に他の物質、例えばSiO、SiN、Al-O、Al-N、TiO、TiN等が含まれていてもよい。

【0019】さらに、アルカリ土類金属の酸化物は、経時変化における磁性粒子の酸化を防止するために、化学量論比よりも酸素欠損状態であることが好ましい。このようにすることにより、酸素が磁性粒子と結合する前にアルカリ土類金属と結合して磁性粒子の酸化を阻止することができる。

【0020】これらのアルカリ土類金属の酸化物は、磁性薄膜において磁性粒子間の磁気的相互作用を分断して媒体ノイズを低下させると共に、磁性粒子の酸化を防いで出力の低下を防止する。なお、アルカリ土類金属の酸化物は、磁性粒子間の磁気的相互作用を分断する程度に磁性薄膜中に分散して存在していればよい。

【0021】第1の発明において、アルカリ土類金属の酸化物を包含する磁性薄膜を形成する方法としては、磁性金属材料およびアルカリ土類金属の酸化物を真空中においてスパッタリング法により基板上に堆積させる方法を挙げることができる。スパッタリング法としては、次に示す方法が挙げられる。

(a) 磁性金属材料のターゲットおよびアルカリ土類金属の酸化物のターゲットを用いて同時スパッタリング。

(b) 複数の金属材料のターゲットを用い、酸素、窒素または炭素を含む不活性ガス雰囲気中における同時スパッタリング。

【0022】なお、(a)および(b)の場合において、磁性金属粒子とアルカリ土類金属の酸化物の材料は、それぞれ別々のターゲットに配置されていてもよく、両材料を同じターゲットに配置した複合ターゲットでもよい。前者の場合は、磁性金属材料とアルカリ土類金属酸化物の含有率を変え易いという利点があり、後者の場合は、大量生産に適しているという利点がある。

【0023】本発明の第2の発明において、磁性薄膜は、結晶磁気異方性と形状磁気異方性の両方を有する磁性金属粒子が非磁性母材に分散された構造を有しており、磁性粒子の磁気的相互作用がほとんど無い程度に磁性粒子が分離された状態である。

【0024】この磁性金属粒子は、磁気記録システムに応じた情報をしたがって所定の方向に磁化され、長手記録、斜め記録または垂直記録が可能である。また、磁性金属粒子は、形状磁気異方性および結晶磁気異方性を有

し、数kOeの保磁力を有することが好ましい。

【0025】ここで、形状磁気異方性と結晶磁気異方性について簡単に説明する。磁気異方性とは、物体の方向によって磁気的特性が異なる性質のことであり、その異なる特性の原因が磁性体の形状によるものが形状磁気異方性、結晶構造によるものが結晶磁気異方性である。例えば、針状の磁性体は長軸の方向に磁化され易いので、形状磁気異方性がある。また、Coは結晶構造上のある特定の方向(C軸)が磁化され易いので、結晶磁気異方性がある。また、磁化され易い方向と困難な方向に磁化を向けるのに必要なエネルギーの差が、磁気異方性エネルギーであり、このエネルギーが大きいほど、ある方向に磁化を安定して向けることができる。また、磁気異方性エネルギーが大きいと、記録した情報を安定して保持することができ、また、信号出力を大きくすることができる等の磁気記録媒体にとって好ましい磁気特性が得られる。

【0026】第2の発明においては、例えば、磁性金属粒子に膜厚方向に細長い形状を有するものを用いて、形状磁気異方性を膜厚方向に付与することによって、垂直磁化膜とすることができる。また、磁性金属粒子にCo系合金を用いて、膜厚方向へ結晶のC軸が向くように成長させることによって、同様に垂直磁化膜とすることができます。磁性金属粒子が形状磁気異方性と結晶磁気異方性の両方を有することによって、より大きな垂直磁気異方性を磁性薄膜に付与することができ、また、垂直・斜め・長手記録用のいずれの磁気記録媒体にも適用することができる。例えば、Co系合金からなる磁性金属粒子が膜厚方向に細長い形状を有し、かつ結晶のC軸が膜厚方向に沿って成長している場合は、2つの磁気異方性の相乗効果によってより大きな磁気異方性を得ることができる。この場合、保磁力を大きくすることができ、記録磁区の小さな、より高密度の記録ができるようになる。

【0027】長手記録用の媒体の場合は、ある程度の垂直磁気異方性を有する方が高密度記録に適していると言われており、これは、例えば、膜面内方向にC軸が配向している磁性金属粒子が膜厚方向に細長い形状を有することにより実現できる。なお、形状磁気異方性と結晶磁気異方性とはその起源が異なるので、媒体作製プロセスや材料選択等の面で独立に制御し易い。したがって、この2つの磁気異方性を具備することは、高密度磁気記録媒体にとって好ましいと言える。なお、磁気異方性の大きさや向きは、磁気記録媒体を構成する材料、作製装置、ドライブに要求される仕様等により決定される。

【0028】第2の発明における磁性薄膜は、膜厚方向および膜面内方向に連続して存在する非磁性母材並びに非磁性母材内に保持された磁性金属粒子からなる磁性薄膜から構成されており、接触して形成された非磁性導電膜と磁性金属粒子とが少なくとも部分的に接触していることを特徴としている。非磁性母材が磁性薄膜の膜厚方

10 20 30 40 50

向および膜面内方向に連続して存在するということは、非磁性母材がネットワーク状の構造を持つことを意味する。この場合、非磁性母材は、磁性薄膜全体の機械的強度を向上させ、電気抵抗率を高め、かつ磁性金属粒子間の磁気的相互作用を分断する役割を担っている。

【0029】磁性金属粒子としては、飽和磁化Isが大きく、かつ磁気異方性が大きいものが望ましい。このようなものとして、例えばCo、Pt、Sm、Fe、Ni、Cr、Mn、Bi、Al、Ta、Tiまたはこれらの合金を用いることができる。特に、大きな結晶磁気異方性を有するCoPt、SmCo、CoCr、CoTaCr等のCo系合金や、大きい異方性エネルギーを有するMnBi、MnAl等のMn系合金を用いることが好ましい。また、これらの金属または合金に、磁気特性を制御する目的で、Feおよび/またはNiを添加してもよい。さらに、これらの金属または合金に、磁気特性を向上させるために、例えばCr、Nb、V、Ta、Ti、W、Hf、In、Si、B等を添加してもよい。

【0030】磁性金属粒子の形状は、球状であっても良いが、形状磁気異方性を向上させるために円柱状、回転楕円体形状等でも良い。磁性金属粒子は、記録される情報にしたがって所望の方向(例えば、媒体表面の面内、媒体表面に垂直な方向、またはその中間の方向)に磁化され、これにより情報が記録される。磁性金属粒子を、その長軸方向が磁気記録媒体表面の面内方向に傾くように配置すると面内に磁化され易くなる。

【0031】磁気記録媒体に磁気ヘッドが接触したときの損傷を防ぐという目的を達成するために磁気記録媒体が満たすべき物理特性を正確に決定することは一般には困難であるが、1つの基準として硬度を採用することができる。原理的には、硬度が大きいほど磁気ヘッドとの接触による磁気記録媒体の損傷が小さくなると考えられる。

【0032】このような観点から、非磁性母材としてはバルク状態で高い硬度で高い抵抗率を有するものが用いられる。一般的に、バルクで硬い材料は薄膜化しても充分な硬度を保つ。このような非磁性母材の材料として、例えば一般式M-Gで表される化合物が挙げられる。ここで、MはSi、Al、Zr、Ti、In、SnおよびBからなる群より選択される少なくとも1種であり、Gは酸素、窒素および炭素からなる群より選択される少なくとも1種である。具体的には、Si-O、Al-O、Zr-O、Ti-O、Si-N、Al-N、Zr-N、Ti-N、B-N、Si-C、Ti-C、B-C、Si-Al-ON、Si-ON、Al-Ti-OC、In-Sn-O等が好ましい。また、非磁性母材の材料としては、潤滑性に優れバルク状態で高硬度である炭素の同素体、例えばダイヤモンド、アモルファスカーボン、ダイヤモンドライカーボン等を用いることもできる。これらの非磁性母材を構成する材料のバルクにおける硬度は、バ

ルクの  $\text{SiO}_2$  が有するピッカース硬度 2 GPa と同程度またはそれ以上であることが好ましい。さらに、非磁性母材の材料として、電気絶縁体または半導体からなる材料を用いることにより、磁気記録媒体全体の電気抵抗率を金属薄膜媒体に比べて大幅に高くすることが可能である。

【0033】また、非磁性母材の硬度や耐摩耗性を向上させるために、上記材料に非磁性の元素を添加してもよい。この場合、添加元素が非磁性母材中に固溶していくもよく、相分離した状態で添加されていてもよい。また、添加元素が微粒子の状態で非磁性母材中に存在してもよい。添加元素が存在する状態は、磁性金属粒子が分散される状態における磁性薄膜の機械的特性や磁気的特性により適宜選択する。

【0034】第2の発明における磁性薄膜は、磁性金属粒子や非磁性母材の特性向上のために上述したような添加元素を加える場合に、磁性金属粒子と非磁性母材と同じ元素が添加されていてもよい。また、原子レベルで磁性金属粒子と非磁性母材とが完全に分離された状態の複合膜を形成することは事実上不可能であるので、磁性金属粒子に対する添加元素が非磁性母材中に存在してもよい。この場合、添加元素の効果をより効率的に発揮するために、非磁性母材中の添加元素は磁性金属粒子内に比べて 1/10 以下、より好ましくは 1/100 以下の割合であればよい。この関係は、非磁性母材と磁性金属粒子とを入れ換えても成り立つ。

【0035】第2の発明の磁性薄膜においては、磁性金属粒子と非磁性母材との間に、磁性金属粒子と非磁性母材とを効率よく結合させ、あるいは磁性金属粒子および非磁性母材の構成元素の相互拡散を防止するための界面層が存在していてもよい。この界面層には、磁性金属粒子あるいは非磁性母材の少なくとも一方を構成する元素が主成分として存在してもよく、磁性金属粒子および非磁性母材を構成する元素がほとんど存在していないともよい。前者の場合、磁性金属粒子と非磁性母材とを機械的に強固に結合させるという点で好ましく、後者は磁性金属粒子と非磁性母材とを磁気的に完全に分離するという点で好ましい。

【0036】第2の発明において、非磁性体からなる下地層、すなわち非磁性導電膜は、磁性金属粒子や非磁性母材の結晶構造を制御する目的、あるいは基板からの不純物の混入を防ぐ目的で配置される。例えば、磁性金属粒子の所望の結晶構造の格子間隔に近い格子間隔を持つ材料からなる非磁性導電膜を用いることにより、磁性金属粒子の結晶の格子間隔を制御することが可能である。また、例えば、ある表面エネルギーを有するアモルファス材料を用いて、磁性金属粒子あるいは非磁性母材の結晶性あるいはアモルファス性を制御してもよい。また、基板からの不純物の混入を防止する場合には、格子間隔の小さい薄膜あるいは緻密な薄膜を非磁性導電膜として

用いればよい。

【0037】第2の発明において、非磁性導電膜の材料としては、MRヘッドを接触摺動した場合のセンス電流の媒体への分流を防止し得る程度に電気抵抗が高く、かつ連続摺動もしくはCSS動作において媒体表面に電荷の蓄積が無い程度に電気抵抗が低いものを選択する。センス電流の分流防止に関しては、保護膜の無い横通電形MRヘッドにおいて必須である。また、続通電形MRヘッド、保護膜のある横通電形MRヘッド、高抵抗のすくい上げヨークを具備する横通電形MRヘッドの場合は分流を考慮しなくて良いので、非磁性導電膜の比抵抗に下限を設ける必要はなく、これにより材料選択範囲が広がる。

【0038】非磁性導電膜の材料としては、分流防止を考えない場合は、幅広く各種の金属を選択することができるが、分流防止を狙う形態では比抵抗が  $10^{-5}$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) 程度以上の金属、例えば単元素では Ti、V、Cr、Zr、Nb、Pd、Sn、Hf、Ta、Pt、およびランタノイド系の金属、並びにそれらの合金；カーボン；ITO (Indium Tin Oxide)；Ti-N、Ta-N、Zr-N 等の遷移金属の窒化物等が挙げられる。この非磁性導電膜の厚さや種類を選択することにより、磁性薄膜の特性を維持した状態で磁性薄膜の電気伝導性を制御することができる。

【0039】第2の発明において、磁性薄膜を支持する基板を構成する材料としては、金属、ガラス、セラミック等を用いることができる。例えば、保護膜無しの横通電形の場合においては原則的にガラスやシリコン等の非導電性材料が用いられ、保護膜無しの横通電形ヘッド以外との組合せの場合においては Al 等の導電性材料を用いても良い。

【0040】第2の発明において、磁性薄膜上には保護膜を設けない方が好ましい実施形態であるが、適度な導電性を有する保護膜であれば磁性薄膜上に設けてもよい。第2の発明における磁性薄膜は、磁性金属材料および非磁性材料を真空中において物理的蒸着法により基板上に堆積させることにより形成する。物理的蒸着法としては、次に示す方法が挙げられる。

(a) 磁性金属材料のターゲットおよび非磁性材料のターゲットを用いて同時スパッタリング。

(b) 複数の金属材料のターゲットを用い、酸素、窒素または炭素を含む不活性ガス雰囲気中における同時スパッタリング。

【0041】この場合、一部の金属と酸素、窒素または炭素との化合物からなる非磁性母材が形成される。なお、(a) および (b) の場合において、磁性金属粒子と非磁性母材の材料は、それぞれ別々のターゲットに配置されていてもよく、両材料を同じターゲットに配置した複合ターゲットでもよい。前者の場合は、磁性体と母材の含有比率を変え易いという利点があり、後者の場合

は、大量生産に適しているという利点がある。

【0042】すなわち、これらの薄膜形成方法では、一般に結晶が柱状に成長することが知られている。したがって、投入電力、スパッタリング圧力、反応性ガス種、成膜速度、バイアス電力等のプロセスパラメータを選択することにより、磁性金属粒子および非磁性母材と共に柱状に成長させることができる。また、スパッタリング法による薄膜形成の場合、一般に磁性金属は柱状に成長し易く、硬質誘電体薄膜はアモルファス化し易い。このことから、スパッタリング法で磁性金属と硬質誘電体材料を同時に成長させることにより、アモルファス化した硬質誘電体からなる非磁性母材中に形状磁気異方性の大きな柱状の磁性金属粒子が混入した磁性薄膜を得ることが可能となる。

【0043】このとき、磁性金属粒子の形状磁気異方性は、磁性金属粒子が細長い柱状に成長した場合には、磁性薄膜の膜厚方向に付与されるが、結晶の成長の状態によっては、円柱状の結晶粒がその中心軸を膜面内方向に向けて成長することもある。その場合には、膜面内方向に形状磁気異方性が付与されることになる。また、結晶磁気異方性の向きは、異方性を有する結晶軸が膜厚方向／膜面内方向のどの方向に向くかによって決まる。これは、結晶成長の状態により制御することが可能である。結晶成長の状態に影響を与えるプロセスパラメータとしては、上述の投入電力、スパッタリング圧力、反応性ガス種、成膜速度、バイアス電力等が挙げられる。この他にも、基板の状態や下地膜の成膜の状態、例えば結晶方位や表面エネルギー等も磁気異方性に影響を及ぼすので、これらのパラメータを選択することによっても所定の磁気異方性を得ることができる。また、必要に応じて基板上に堆積された材料に熱処理を施して、非磁性母材中に磁性金属粒子を析出させてもよい。

【0044】磁性薄膜を基板上に形成する際に、媒体表面側で磁性金属粒子が非磁性母材に示める割合を小さくし、基板界面側でその割合を大きくすることにより、磁気ヘッドとの間の短絡をより完全に防止することができる。反対に、上記割合を媒体表面側で大きくし、基板界面側で小さくすることにより、媒体磁界強度を向上させることができる。なお、磁性金属材料のターゲットと非磁性材料のターゲットに投入するパワー比等の成膜条件を変えることにより、非磁性母材中の磁性金属粒子の割合や分布状態を選択することができる。

【0045】第2の発明において、形状磁気異方性をもつ磁性金属粒子は、球形以外の異方的な物理的形状をもつのが一般的であり、異方性を生じさせたい方向に円柱、回転楕円体などの長い棒状の形状であることが好ましい。ここで、磁性金属粒子の形状についてさらに詳細に説明する。いま、磁化  $I$  を持つ体積  $v$  の磁性粒子について、その反磁界係数を  $N$ 、真空の透磁率を  $\mu_0$  とするとき、 $N$  の方向の静磁エネルギーは、

$$U = 1/2 \mu_0 \cdot N \cdot I^2 \cdot v$$

で表される。磁性粒子が  $z$  軸に関して軸対称であれば、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  軸方向の反磁界係数  $N_x$ 、 $N_y$ 、 $N_z$  は  $N_x = N_y = (1 - N_z)/2$

である。磁性粒子の形状が回転楕円体である場合を考えると、飽和磁化  $I_s$  が  $z$  軸から角度  $\theta$  で傾いている場合の静磁エネルギー  $U$  は、

$$U = 1/4 \mu_0 \cdot I_s^2 \cdot v \cdot (3N_z - 1) \cos^2 \theta + \text{const.}$$

である。この式から、形状磁気異方性エネルギーの大きさは  $(1 - 3N_z)$  に比例することがわかる。また、形状磁気異方性が最大になるのは  $N_z = 0$ 、最小になるのは  $N_z = 1/3$  のときである。 $z$  軸に沿って細長い回転楕円体の（長軸の長さ）/（短軸の長さ）を  $r$  とし、 $r$  と  $(1 - 3N_z)$  との関係を調べると、 $r = 1, 1.5, 2, 3, 5, 10$  に対してそれぞれ  $(1 - 3N_z) = 0, 0.30, 0.48, 0.67, 0.83, 0.94$  となる。このことから、 $r$  が 1.5 以上であれば最大の形状磁気異方性のほぼ 30%、さらに  $r$  が 3 以上であればほぼ 70% の形状磁気異方性を得ることができる。またこれは、磁性金属粒子の形状が長い棒状であれば、回転楕円体に限らずほぼ同様の関係が満足される。

【0046】本発明の第3の発明においては、磁性薄膜が磁性材料および非磁性材料から構成されており、微粒子を核として成長してなる第1の領域と、第1の領域に分断された第2の領域とを有する。ここで、第1の領域を構成する材料および第2の領域を構成する材料は、磁性材料および非磁性材料のうちで異なっていればよく、いずれの材料であってもよい。言い換えると、第3の発明における磁性薄膜は、基板上に実質的に分断されて設けられた微粒子を核として成長した材料で構成される第1の領域における該材料の濃度が、第1の領域に分断された第2の領域における該材料の濃度よりも高い状態を有する。

【0047】第3の発明において、微粒子としては、金属微粒子または非磁性微粒子を用いることができる。微粒子として金属微粒子を用いる場合には、金属微粒子上に磁性材料を成長させることができ、微粒子として非磁性微粒子を用いる場合には、非磁性微粒子上に非磁性材料を成長させることができる。

【0048】金属微粒子の材料としては、例えば、Cr、Au、Ag、Ta、Co、Fe、Ni 等を用いることができる。これらの金属微粒子上には、磁性材料としては、少なくとも Co、Fe、Ni から選択された少なくとも一種の元素を含有する強磁性材料、例えば、CoPtCr、CoTaCr、CoTaPt、CoNiTa、CoPt 等を用いることができる。一方、非磁性微粒子の材料としては、酸化物、窒化物、弗化物、炭化物、例えば、SiO<sub>2</sub>、SiO、Si、N<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、TiN、BN、CaF、TiC 等を用いる

ことができる。また、第1の領域を構成する材料が金属微粒子を核として成長した磁性材料である場合には、非磁性母材中に磁性金属粒子が分散されてなる状態とほぼ同じであるので、この他、磁性材料や非磁性材料としては、第2の発明における材料を用いることができる。さらに、この場合における材料に関する条件等も第2の発明と同様に適用することができる。

【0049】これらの微粒子の粒径は、その上に成長する磁性粒子が熱攪乱を受けない程度に大きく、かつ高密度記録に適した程度に小さいことが要求される。微粒子の粒径を磁性粒子の粒径と同程度以下、好ましくは50～500オングストローム程度にすることにより、微粒子による基板の平滑性への影響を小さくすることができ、磁性薄膜自身の平滑性に反映させることができるので、平滑性に優れた磁気記録媒体を提供することができる。このような平滑性に優れた磁気記録媒体は、将来の接触記録・再生にも有用である。

【0050】これらの微粒子を基板に供給する方法としては、スパッタリング法、真空蒸着法、ガス中蒸着法、ガスフロースパッタリング法等の物理蒸着法を用いることができる。この中で、供給する微粒子の粒径を広い範囲で制御するためには、Ar等の不活性ガス中でのガス中蒸着法やガスフロースパッタリング法が有効である。また、微粒子を供給する際に基板を冷却することによって、基板に付着した微粒子を瞬時に固定させることができ。なお、付着した微粒子が小さすぎる場合には基板加熱を行い、基板上で粒子を凝集させてもよい。

【0051】また、微粒子を基板上に膜となるように供給し、基板を一様に加熱したり、レーザー照射等することによって、膜を構成する微粒子を凝集させて島状クラスターを形成させ、微粒子を分散形成することも可能である。例えば、10nm程度のPb微粒子膜を形成した後、基板を一様に加熱することによって粒径約30nmのクラスターを形成することができる。

【0052】第3の発明においては、実質的に分断された微粒子を核として磁性材料または非磁性材料を成長させるので、より分散構造を実現しやすい。なお、いくつかの微粒子同士が点接触している場合でも、微粒子間が実質的には分断されれば、微粒子を核として成長した磁性材料または非磁性材料は分散構造を実現することができる。したがって、微粒子は鎖状構造、島状構造を形成していてもよい。例えば、微粒子の鎖状構造が基板面に対して垂直に形成された場合には、その上に成長する材料が柱状構造を形成し易くなるので好ましい。また、微粒子を核として成長する第1の領域を構成する材料は、微粒子を完全に被覆している必要はなく、微粒子が部分的に露出して第2の領域を構成する材料と接触してもよい。

【0053】第3の発明においては、微粒子を核として第1の領域を構成する材料を成長させているので、多結

晶材料の下地膜を用いる場合に比べてかなり薄い数～数十オングストロームの分断された微粒子層により結晶の配向性・表面性を制御することができる。また、数～数十nm程度の島状の微粒子層として、分散性を制御するだけでなく、配向性を制御することも可能である。

【0054】磁性薄膜は、磁性材料と非磁性材料の同時スパッタリング或いは蒸着等により形成することができる。また、第3の発明においては、磁性材料と非磁性材料を交互にスパッタリング或いは蒸着しても磁性薄膜を形成することができる。これは、第1の領域が、微粒子を核として材料が成長することにより形成されるので、選択的に形成することができるためである。例えば、微粒子が金属微粒子である場合には、初めに磁性材料をスパッタリング或いは蒸着して島状分散膜構造を形成し、その間の粒子間に非磁性材料をスパッタリング或いは蒸着する。

【0055】第3の発明において、磁性薄膜を支持する基板の材料・形状は特に限定しないが、微粒子の孤立球状化、島状構造化を促進させるためには、基板材料として表面エネルギーの大きなものを用いることが望ましい。したがって、アルミニウム、プラスチック等を用いることができ、また、基板形状としては、円板、テープ、ドラム等でもよい。

【0056】次に、本発明の磁気記録媒体の効果を明確にするために行った実施例について説明する。

(実施例1) 以下の実施例1、2は本発明の第1の発明に関するものである。

【0057】図1は本発明の第1の発明にかかる磁気記録媒体の一実施形態を示す断面図である。図1に示す磁気記録媒体は、非磁性基板としてのガラス基板1と、ガラス基板1上に形成された磁性薄膜であるCo-Pt-CaO磁性膜2と、Co-Pt-CaO磁性膜2上に形成された保護膜であるカーボン膜3と、カーボン膜3上に形成された潤滑剤膜4とから構成されている。

【0058】上記構成を有する磁気記録媒体は次のようにして作製した。まず、真空チャンバー内に、Co<sub>40</sub>Pt<sub>10</sub>合金ターゲットおよびCaOターゲットを設置し、両ターゲットと向い合うようにして洗浄済みのガラス基板1を設置した。次いで、真空チャンバー内を10<sup>-6</sup>Paの高真空にして、ガラス基板1を公転させた。

【0059】次いで、Arガスを真空チャンバー内に導入して内圧を0.2Paに設定し、その雰囲気中においてCo<sub>40</sub>Pt<sub>10</sub>ターゲットにDC 200WおよびCaOターゲットにRF 400Wをそれぞれ印加してスパッタリングして、ガラス基板1上に厚さ20nmのCo-Pt-CaO磁性膜2を形成した。

【0060】次いで、真空チャンバー内のターゲットをカーボンターゲットに交換して、内圧をArガスで0.3Paにし、その雰囲気中においてカーボンをDC 200Wでスパッタリングして、Co-Pt-CaO磁性膜

2上に厚さ10nmのカーボン膜3を形成した。

【0061】その後、このガラス基板1を真空チャンバーから取り出して、カーボン膜3の表面をアルミナ研磨テープにより研磨し、洗浄した後ディッピング法によりカーボン膜3上に潤滑剤を塗布して厚さ約20オングストロームの潤滑剤膜4を形成した。

【0062】このようにして実施例1の磁気記録媒体を作製した。

(実施例2) 図2は本発明の第1の発明にかかる磁気記録媒体の他の実施形態を示す断面図である。図2に示す磁気記録媒体は、非磁性基板としてのガラス基板1と、ガラス基板1上に形成された磁性薄膜であるCo-Pt-SiO-MgO磁性膜5と、Co-Pt-SiO-MgO磁性膜5上に形成された潤滑剤膜4とから構成されている。

【0063】上記構成を有する磁気記録媒体は次のようにして作製した。まず、真空チャンバー内に、Co<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>合金ターゲット、SiO<sub>2</sub>ターゲット、およびMgOターゲットを設置し、全ターゲットと向い合うようにして洗浄済みのガラス基板1を設置した。次いで、真空チャンバー内を10<sup>-6</sup>Paの高真空にして、ガラス基板1を公転させた。

【0064】次いで、Arガスを真空チャンバー内に導入して内圧を0.2Paに設定し、その雰囲気中においてCo<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>ターゲットにDC200W、SiO<sub>2</sub>ターゲットにRF200WおよびMgOターゲットにRF300Wをそれぞれ印加してスパッタリングして、ガラス基板1上に厚さ20nmのCo-Pt-SiO-MgO磁性膜5を形成した。さらにそのままの雰囲気中において、RF100Wで2分間スパッタエッチを行った。

【0065】その後、このガラス基板1を真空チャンバーから取り出して、洗浄した後ディッピング法によりCo-Pt-SiO-MgO磁性膜5上に潤滑剤を塗布して厚さ約20オングストロームの潤滑剤膜4を形成した。

【0066】このようにして実施例2の磁気記録媒体を作製した。

(比較例1) 比較のために、SiO<sub>2</sub>を含むCoPt合

第 1

	Hc(Oe)	Mr(emu/cc)	D50(KFCI)	S/N(dB)
実施例1	2.1	440	135	36
実施例2	2.2	450	150	37
比較例1	2.1	370	120	32

【0072】第1表から分かるように、本発明の磁気記録媒体(実施例1, 2)は、保磁力を損なうことなく、より大きな残留磁化が得られ、記録分解能も高く、媒体ノイズが低かった。これは、磁性薄膜に包含されたアルカリ土類金属の酸化物により、磁性粒子間の磁気的相互

金磁性薄膜を有する磁気記録媒体を作製した。すなわち、まず、真空チャンバー内に、Co<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>合金ターゲットおよびSiO<sub>2</sub>ターゲットを設置し、両ターゲットと向い合うようにして洗浄済みのガラス基板を設置した。次いで、真空チャンバー内を10<sup>-6</sup>Paの高真空にして、ガラス基板を公転させた。

【0067】次いで、Arガスを真空チャンバー内に導入して内圧を0.2Paに設定し、その雰囲気中においてCo<sub>80</sub>Pt<sub>20</sub>ターゲットにDC200WおよびSiO<sub>2</sub>ターゲットにRF400Wをそれぞれ印加してスパッタリングして、ガラス基板上に厚さ20nmのCo-Pt-SiO磁性膜を形成した。さらにそのままの雰囲気中において、DC100Wで2分間スパッタエッチを行った。

【0068】その後、このガラス基板を真空チャンバーから取り出して、洗浄した後ディッピング法によりCo-Pt-SiO磁性膜上に潤滑剤を塗布して厚さ約20オングストロームの潤滑剤膜を形成した。

【0069】このようにして比較例1の磁気記録媒体を作製した。上記のようにして作製された実施例1, 2および比較例1の磁気記録媒体の磁性薄膜をSEM(高分解能分析電子顕微鏡)により分析したところ、実施例1のものはCoPt粒界にCaの酸化物が存在していることが確認され、実施例2のものはCoPt粒界にMgの酸化物およびSiの酸化物が存在していることが確認され、比較例1のものはCoPt粒界にSiの酸化物が存在していることが確認された。

【0070】これらの磁気記録媒体について、磁気特性および電磁変換特性を調べた。それらの結果を下記第1表に示す。なお、磁気特性はVSM(振動試料形磁力計)を用いて、Hc(保磁力)およびMr(残留磁化)を測定した。電磁変換特性評価については、記録にMigヘッド(ギャップ長0.3μm、トラック幅4.0μm)、再生にMRヘッド(ギャップ長0.3μm、トラック幅3.0μm)を用いて、浮上量0.07μmで測定した。

【0071】

【表1】  
表

作用を分断し、しかも酸化物による磁性粒子の酸化が防止されたためであると考えられる。また、実施例2の場合のように、SiO<sub>2</sub>等の他の酸化物がアルカリ土類金属の酸化物と共に磁性薄膜に包含されていても、効果が得られることが分かった。

(実施例3) 以下の実施例3～6は本発明の第2の発明に関するものである。

【0073】図3は本発明の第2の発明にかかる磁気記録媒体の一実施形態を示す断面図である。図3に示す磁気記録媒体は、非磁性基板としてのガラス基板1と、ガラス基板1上に形成された非磁性導電膜であるTi-N膜6と、Ti-N膜6上に形成された磁性薄膜7とから構成されている。磁性薄膜7は、磁性金属粒子であるCo-Pt合金粒子7aと、非磁性母材であるSi, N, 母材7bとから構成されており、Co-Pt合金粒子7aがTi-N膜6と電気的に接触している。

【0074】上記構成を有する磁気記録媒体は次のようにして作製した。まず、多元スパッタリング装置の真空チャンバー内に、Tiターゲットを設置し、Tiターゲットと向い合うようにして洗浄済みのガラス基板1を設置した。次いで、真空チャンバー内を $10^{-6}$ Paの高真空中にして、ガラス基板1を公転させた。

【0075】次いで、ArガスとN<sub>2</sub>ガスの混合ガスを真空チャンバー内に導入して内圧を0.2Paに設定し、その雰囲気中においてTiをDC500Wでスパッタリングして、ガラス基板1上に非磁性で適度な導電性を有する厚さ20nmのTi-N膜6を形成した。

【0076】次いで、内圧を純Arガスで0.2Paにし、その雰囲気中においてCo-Pt合金ターゲットにDC200WおよびSi, N, ターゲットにRF500Wを印加して同時にスパッタリングして、Ti-N膜6上にSi, N, 母材7b中にCo-Pt合金粒子が分散されてなる厚さ20nmの磁性薄膜7を形成した。

【0077】このようにして実施例3の磁気記録媒体を作製した。

(実施例4～6) 基板材料、導電膜材料、磁性金属粒子、および母材材料として、下記第2表に示すものを用

10

20

30

第2表

	基板	導電膜	磁性金属粒子	潤滑	比抵抗(Ω·cm)	CSS耐性
実施例3	glass	Ti-N	Co-Pt	Si-N	$10^{-4}$	$>10^5$
実施例4	glass	Ti	Co-Pt	Si-O	$7\times10^{-5}$	$>10^5$
実施例5	Si	DLC*	Co-Pt	DLC*	$10^{-3}$	$>10^5$
実施例6	Si	ITO	Co-Ta-Cr	Al-N	$5\times10^{-4}$	$>10^5$
比較例2	glass	Cr	Co-Ta-Cr	無	$10^{-5}$	$10^3$
比較例3	glass	無	Co-Pt	Si-O	$10^3$	$>10^5$

\* DLCはDiamond Like Carbonである。

【0081】第2表から分かるように、本発明の磁気記録媒体(実施例3～6)の比抵抗は全て上記範囲に入っている。これに対して、非磁性母材中に磁性金属粒子が分散する構造を有しないもの(比較例2)の比抵抗は上記範囲に入っているが、磁性薄膜自身の比抵抗が低いことに起因して横通電MRヘッドを用いた直接接触動作には適応できない。また、導電膜を有しないもの(比較例

いること以外は実施例3と同様にして実施例4～6の磁気記録媒体を作製した。なお、スパッタリングの際の条件(真空チャンバー内の圧力、印加電圧、処理時間)等は用いる材料に応じて適宜変更した。

(比較例2) Crターゲットを用いてガラス基板上に厚さ100nmのCr膜を形成し、そのCo-Ta-Crターゲットを用いてスパッタリングしてCr膜上に厚さ20nmのCo-Ta-Cr磁性薄膜を形成して比較例2の磁気記録媒体を作製した。この磁性薄膜は、Co-Ta-Cr磁性粒子間隙にCrが優先析出した膜構造を示すが、特に非磁性母材は存在しない。

(比較例3) Co-Pt合金ターゲットおよびSiO<sub>2</sub>ターゲットを用いてガラス基板上に同時にスパッタリングを行い、SiO<sub>2</sub>母材7b中にCo-Pt合金粒子が分散されてなる厚さ20nmの磁性薄膜を形成した。この磁気記録媒体は、特願平6-158842号に開示されている媒体である。

【0078】上記のようにして得られた実施例3～6および比較例2, 3の磁気記録媒体について、比抵抗とCSS(コンタクト・スタート・ストップ)耐性を調べた。その結果を下記第2表に併記する。なお、比抵抗は四端子法により測定し、CSS耐性は媒体表面に表面潤滑剤を塗布した後にCSS試験を行うことにより評価した。

【0079】磁性薄膜の膜厚が数10～数100nmの実用的な厚さであって、MRヘッド通電電流の分流を防止すると共に、表面電荷蓄積によるダメージを防止するためには、媒体表面から見た比抵抗は $5\times10^{-6}$ Ω·cm以上 $10^{-1}$ Ω·cm以下とするのが良い。

30 【0080】

【表2】

表

3) の比抵抗は非常に高く、表面電荷蓄積が顕著であった。

【0082】また、CSS耐性に着目すると、本発明の磁気記録媒体(実施例3～6)は実用的な耐久性が発揮されたが、非磁性母材中に磁性金属粒子が分散する構造を有しないもの(比較例2)は金属が直接ヘッドと接触するため耐久性に乏しかった。なお、比較例2におい

50

ては、磁性薄膜上に硬質保護膜を設ければ実用的な耐久性を確保することができるが、保護膜に適度な電気伝導性が無いと絶縁破壊の問題が生じる。また、電気特性の適正化が図れたとしても、保護膜の存在によるスペーシング損失の増加は避けられない。

【0083】上記実施例3～6においては、単層の導電膜と単層の磁性薄膜とを積層した例について述べているが、磁性薄膜が磁性金属粒子と非磁性母材とから構成されており、磁性薄膜中の磁性金属粒子が導電膜と少なくとも部分的に接触していれば、導電膜、磁性薄膜とともに单層に限定されず、多層でもよい。

(実施例7) 以下の実施例7～10は本発明の第3の発明に関するものである。

【0084】以下の実施例において微粒子の構造・粒径・分散性は、微粒子のみを基板上にスパッタリングあるいは蒸着し、これをTEM(透過形電子顕微鏡)により観察することにより、前もって条件出しを行った。スパッタリング法ではほとんど粒径制御はできないが、ガス中における蒸着法では粒径を数nm～数十nmの間で制御することが可能である。

【0085】図4は本発明の第3の発明にかかる磁気記録媒体の一実施形態を示す断面図である。図4に示す磁気記録媒体は、非磁性基板としてのガラス基板1と、ガラス基板1上に分散された微粒子8と、微粒子8を核として磁性材料もしくは非磁性材料が成長してなる第1の領域9と、第1の領域9間に形成された第2の領域10とから構成されている。

【0086】上記構成を有する磁気記録媒体は次のようにして作製した。まず、真空チャンバー内に、Auターゲットを設置し、Auターゲットと向い合うようにして洗浄済みのガラス基板1を設置した。次いで、真空チャンバー内を $10^{-6}$ Paの高真空中に、ガラス基板1を公転させた。

【0087】次いで、Arガスを真空チャンバー内に導入して内圧を7Paに設定し、その雰囲気中においてAuをDC50Wでマグнетロンスパッタリングして、ガラス基板1上にAu微粒子を分散形成した。高ガス圧、低パワー条件を選択することにより、スパッタリング法によっても微粒子島状のAuを作製することができる。

【0088】次いで、真空チャンバー内のAuターゲットをCoPt合金ターゲット(磁性材料)およびSiO<sub>2</sub>ターゲット(非磁性材料)に交換して、内圧をArガスで0.2Paにし、その雰囲気中においてCoPt合金ターゲットにDC200WおよびSiO<sub>2</sub>ターゲットにRF400Wを印加してスパッタリングして、第1の領域9がCoPt合金からなり、第2の領域10がSiO<sub>2</sub>からなる厚さ20nmの磁性薄膜をガラス基板1上に形成した。

【0089】このようにして実施例7の磁気記録媒体を作製した。この磁気記録媒体をFE-TEM(電界放射

10

20

30

40

50

形高分解能電子顕微鏡)で平面観察を行ったところ、磁性薄膜は非晶質中に結晶が分散された分散膜構造を持つことが分かった。結晶粒はCoPtが主成分であり、非晶質はSiO<sub>2</sub>が主成分であった。この試料を断面TEMで観察したところ、図4に示す断面が確認された。すなわち、微粒子8を中心に第1の領域9を構成する結晶粒が観察され、その結晶粒間に第2の領域を構成する非磁性非晶質が観察された。このように、磁性薄膜においては、微粒子を核として磁性材料が成長したと言うことができる。

(実施例8) 微粒子としてSiN微粒子を用いること以外は実施例7と同様にして実施例8の磁気記録媒体を作製した。なお、Si-N微粒子の作製は、高周波誘導加熱蒸発源を用いてガス中蒸発法により行った。この場合は、第1の領域9を構成する材料はSiO<sub>2</sub>となり、第2の領域を構成する材料はCo-Ptとなる。この磁気記録媒体をFE-TEMで平面観察したところ、実施例7の磁気記録媒体とほぼ等しい構造であることが分かった。また、非晶質部分をマイクロオージェで分析したところ、非晶質のSiO<sub>2</sub>を主成分とした第1の領域の基板近傍部分にSiNが存在していることが確認された。

【0090】なお、SiN微粒子の代わりにSiO<sub>2</sub>微粒子を用いることも可能である。この場合、成膜工程や、SiO<sub>2</sub>等による微細構造の違いにより、例えばマイクロオージェ等の分析手段により、非磁性母材としてのSiO<sub>2</sub>と区別することは可能である。

(実施例9) Au微粒子の供給時間(成膜時間)を長くして、Auの島状構造をガラス基板上に形成させた後に、磁性薄膜を形成すること以外は実施例7と同様にして実施例9の磁気記録媒体を作製した。この磁気記録媒体をFE-TEMで平面観察したところ、実施例7の磁気記録媒体とほぼ等しい構造であったが、断面構造においてCoPt結晶粒(第1の領域)が柱状に形成されているのが観察された。すなわち、実施例7の磁気記録媒体では、微粒子が分散されている構造であったが、実施例9の磁気記録媒体では、Auが島状クラスターとなり、垂直方向に立った柱状構造を形成していた。

(実施例10) 微粒子としてCo微粒子を用い、Co微粒子をガス中蒸着法でガラス基板上に供給した後に、磁性薄膜を形成すること以外は実施例7と同様にして実施例10の磁気記録媒体を作製した。この磁気記録媒体を断面TEMで観察したところ、CoPt粒塊(第1の領域)の下にCo微粒子が存在するのが分かった。また、マイクロオージェ分析においてもCoPt粒塊の下にCoが存在していることが確認された。本実施例において採用したガス中蒸着は、微粒子の生成、粒径制御が容易であるので好ましい方法であるが、スパッタリングにより微粒子を供給してもよい。

(比較例4) 微粒子を供給する代わりに、ガラス基板上に多結晶Cr膜を下地膜として形成すること以外は実施

例 7 と同様にして比較例 4 の磁気記録媒体を作製した。

【0091】このようにして作製された実施例 7 ~ 10 および比較例 4 の磁気記録媒体について、静磁気特性および電磁変換特性、すなわち保磁力  $H_c$ 、残留磁化  $M_r$ 、静的な磁気的交換相互作用の大きさ ( $\Delta M$ )、媒体ノイズ (Nm)、および  $S/Nm$  を調べた。その結果を下記第 3 表に示す。なお、保磁力  $H_c$ 、残留磁化  $M_r$ 、および  $\Delta M$  はすべて VSM を用いて測定し、Nm はおよ

第 3 表

	$H_c$ (Oe)	厚さ(nm)	$M_r$ (emu/cc)	$\Delta M$	Nm	$S/Nm$ (dB)
実施例 7	2.3	20	460	<0.01	0.52	33.0
実施例 8	2.2	20	440	<0.01	0.54	32.9
実施例 9	3.0	20	450	<0.01	0.53	33.2
実施例 10	2.5	20	520	0.1	0.60	34.1
比較例 4	2.6	20	470	0.23	0.83	30.8

【0093】第 3 表において、実施例 9 の磁気記録媒体の  $H_c$  が高いのは、第 1 の領域（磁性材料）の柱状構造による形状異方性が起因していると思われる。また、実施例 10 の磁気記録媒体の  $M_r$  が他よりも高いのは、Co マイクロ粒子と磁性薄膜中の Co-Pt 合金粒子間に交換相互作用が作用して  $M_r$  が大きくなり、交換相互作用が幾分増加した結果、 $\Delta M$  と媒体ノイズが若干増加したのではないかと思われる。このことは、媒体ノイズが増加したにも関わらず、媒体  $S/N$  が増加していることからも理解できる。

【0094】比較例 4 の磁気記録媒体は、 $\Delta M$  が最も大きく、磁性材料の粒子の分断が不充分であり、本発明の磁気記録媒体（実施例 7 ~ 10）は、 $\Delta M$  がほとんど 0 であり、磁性材料の粒子が完全に分散され交換相互作用がほとんど無い状態であった。また、本発明の磁気記録媒体（実施例 7 ~ 10）は、電磁変換特性評価からも媒体ノイズがほとんどシステムノイズと見分けがつかないレベルになっている。さらに、媒体  $S/N$  も比較例 4 の磁気記録媒体に比べて、約 3 dB も向上していることが分かる。したがって、本発明の第 3 の発明のようにマイクロ粒子を用いることにより、磁性結晶粒の分散性が向上し、より低ノイズ化されることが分かる。

【0095】なお、本発明の磁気記録媒体は、記録・再生装置（ヘッド）が磁気記録媒体に接触する方式、ヘッドが磁気記録媒体から浮上する方式のいずれにも適用することができる。また、本発明の第 1 ~ 第 3 の発明は、適宜組み合わせて実施することができる。

#### 【0096】

【発明の効果】以上説明したような本発明の第 1 の発明によれば、非磁性基板と、前記非磁性基板上に形成された磁性薄膜とを具備し、前記磁性薄膜は、少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を含むので、磁性薄膜中における磁性粒子間に存在するアルカリ土類金属の酸化

び  $S/Nm$  はスピニスタンド形の電磁変換特性測定装置により測定した。また、電磁変換特性評価については、記録に Mag ヘッド（ギャップ長 0.3 μm、トラック幅 4.0 μm）、再生に MR ヘッド（ギャップ長 0.3 μm、トラック幅 3.0 μm）を用いて、浮上量 0.07 μm で測定した。

#### 【0092】

#### 【表 3】

第 3 表

物が磁気的交換相互作用を分断して、出力が大きく、しかも媒体ノイズが小さい磁気記録媒体を得ることができる。

【0097】本発明の第 2 の発明によれば、磁性金属粒子と非磁性母材とから構成される磁性薄膜と、前記磁性薄膜上に形成された非磁性導電膜とを具備し、前記非磁性母材が電気絶縁性を有し、前記磁性薄膜中の磁性金属粒子が前記非磁性導電膜と少なくとも部分的に接触しているので、磁性金属粒子の非磁性母材への分散による低ノイズ化、硬質非磁性母材による保護膜無しの接触高耐久性、非磁性導電膜の付与による MR ヘッドに最適な適度な電気伝導性、適度な電気伝導性によるヘッド通電電流分流防止、並びに表面電荷蓄積による絶縁破壊防止を全て実現することができる。

【0098】特に、本発明の第 2 の発明によれば、非磁性導電膜により導電性を制御することができるので、磁性薄膜を構成する磁性金属粒子や非磁性母材の材料選択の幅を広げることができる。

【0099】本発明の第 3 の発明によれば、磁性材料および非磁性材料から構成される磁性薄膜を有する磁気記録媒体であって、前記磁性薄膜は、マイクロ粒子を核として成長してなる第 1 の領域と、前記第 1 の領域に分断された第 2 の領域とから構成されているので、マイクロ粒子の分散性、磁性材料間の分断が良好であり、低ノイズでかつ高密度記録が可能な磁気記録媒体を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の発明にかかる磁気記録媒体の一実施形態を示す断面図。

【図 2】本発明の第 1 の発明にかかる磁気記録媒体の他の実施形態を示す断面図。

【図 3】本発明の第 2 の発明にかかる磁気記録媒体の一実施形態を示す断面図。

【図 4】本発明の第 3 の発明にかかる磁気記録媒体の一

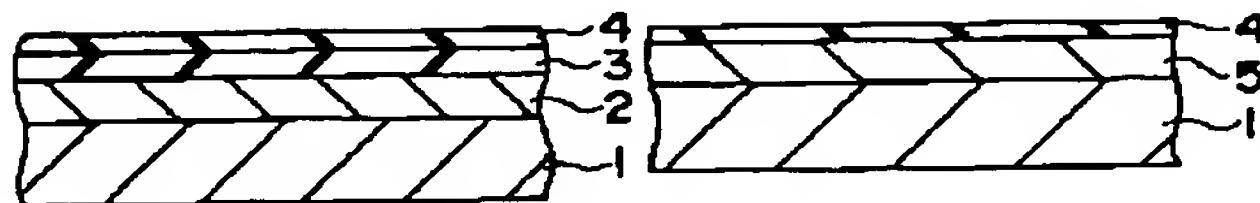
実施形態を示す断面図。

【符号の説明】

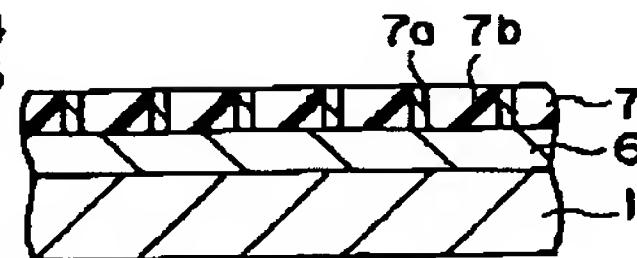
1…ガラス基板、2…Co-Pt-CaO磁性膜、3…カーボン膜、4…潤滑剤膜、5…Co-Pt-SiO-

MgO磁性膜、6…Ti-N膜、7…磁性薄膜、7a…Co-Pt合金粒子、7b…Si, N<sub>4</sub>母材、8…微粒子、9…第1の領域、10…第2の領域。

【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

